



U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE  
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

B

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY  
UNDER 35 U.S.C. § 119**

Docket Number:  
**10191/2155**

Confirmation No.:  
**2690**

Application Number  
**10/081,769**

Filing Date  
**February 20, 2002**

Examiner  
**Michael A. LYONS**

Art Unit  
**2877**

Invention Title

**METHOD FOR THREE-DIMENSIONALLY,  
OPTICALLY MEASURING  
MEASURING OBJECTS**

Inventor

**Jochen STRAEHLE**

Address to:  
Mail Stop Issue Fee  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

A claim to the Convention Priority Date pursuant to 35 U.S.C. § 119 of Application No. 101 08 204.5 filed in Federal Republic of Germany on 21 February 2001 was previously made. To complete the claim to the Convention Priority Date, a certified copy of the priority application is attached.

Dated: January 21, 2004 By:

R.L. Mayer  
Richard L. Mayer, Reg. No. 22,490  
P.M.  
42,194

KENYON & KENYON  
One Broadway  
New York, N.Y. 10004  
(212) 425-7200 (telephone)  
(212) 425-5288 (facsimile)  
Customer No. 26646

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to:

Mail Stop Issue Fee  
Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

on

Date: 1/21/04 ©Kenyon & Kenyon 2004

Signature: Catherine E. Ward

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 08 204.5

**Anmeldetag:** 21. Februar 2001

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum dreidimensionalen optischen Ver-  
messen von Messobjekten

**IPC:** G 01 B, G 01 N

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 3. Dezember 2001  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jerofsky".

Jerofsky

24. Jan. 2001 - fle/wey

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

### **Verfahren zum dreidimensionalen optischen Vermessen von Messobjekten**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum dreidimensionalen optischen Vermessen von Messobjekten durch Vergleich mit einem Referenzobjekt, bei dem Bilddaten des Messobjekts erfasst und Bilddaten des Referenzobjekts gegenüber gestellt werden und das Messobjekt hinsichtlich Abweichungen vom Referenzobjekt unmittelbar oder mittelbar beurteilt wird.

#### **Stand der Technik**

Bei einem derartigen (ohne druckschriftlichen Beleg) als bekannt angenommenen Verfahren wird beispielsweise am Ende eines Fertigungsgangs ein Messobjekt einer Gut-Schlecht-Beurteilung durch Vergleich mit einem Referenzobjekt unterzogen, wobei die Beurteilung zum Beispiel visuell vorgenommen wird. Dabei können zum Beispiel dreidimensionale Bilddaten des Referenzobjekts gewonnen werden, denen Bilddaten des Messobjekts gegenübergestellt werden. Hierbei

5 müssen für eine zuverlässige Beurteilung das Referenzobjekt und das Messobjekt  
in gleicher Lage betrachtet werden. Für den Lageabgleich wird eine relativ auf-  
wendige Justage vorgenommen.

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten  
Art bereitzustellen, mit dem eine zuverlässige Vermessung und Beurteilung des  
Messobjekts mit relativ wenig Aufwand ermöglicht werden.

### Vorteile der Erfindung

15 Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hiernach ist  
vorgesehen, dass das Messobjekt und/oder das Referenzobjekt oder eine holo-  
grafische Aufnahme des Messobjekts und/oder des Referenzobjekts relativ zu-  
einander um mindestens eine Achse gedreht wird/werden, wobei die Bilddaten  
20 des Messobjekts erfasst werden und die Gegenüberstellung in verschiedenen re-  
lativen Drehstellungen erfolgt, dass bei den verschiedenen Gegenüberstellungen  
eine Auswertung hinsichtlich einer maximalen Übereinstimmung des Messob-  
jekts mit dem Referenzobjekt vorgenommen wird und dass die Beurteilung der  
Abweichung bei der durch die maximale Übereinstimmung bestimmten Dreh-  
25 stellung erfolgt.

30 Durch die Drehung von Referenzobjekt und Messobjekt bzw. deren hologra-  
fischer Aufnahmen relativ zueinander und die Gegenüberstellung der Bilddaten  
während der Drehung und der Auswertung hinsichtlich der besten Überein-  
stimmung wird automatisch diejenige relative Drehstellung festgestellt, in der

5 das Referenzobjekt und das Messobjekt bzw. deren holografische Aufnahmen  
(Hologramme) die gleiche Orientierung haben. Bei dieser bestimmten Dreh-  
stellung kann nun die Vermessung des Messobjekts bzw. die Beurteilung, ob Ab-  
weichungen gegenüber dem Referenzobjekt vorliegen, zuverlässig durchgeführt  
10 werden, da Fehler durch eine Lageabweichung beider Objekte ausgeschlossen  
sind. Dabei erfolgt die Auswertung der Gegenüberstellungen und der Beurteilung  
vorzugsweise mittels der selben Auswerteeinrichtung.

15 Zu einer schnellen Durchführung des Verfahrens trägt die Maßnahme bei, dass  
die holografische Aufnahme des Messobjekts während eines Fertigungs-  
prozesses erfolgt, in den es einbezogen ist.

20 Eine vorteilhafte Integration des Verfahrens bei der Fertigung wird dadurch er-  
reicht, dass die Vermessung mit der Beurteilung der Abweichung des Messob-  
jekts von dem Referenzobjekt während eines Fertigungsprozesses erfolgt, wobei  
eine automatische Beurteilung vorteilhaft ist, aber auch eine visuelle Beurteilung  
vorgenommen werden kann.

25 Eine Möglichkeit zur einfachen Durchführung des Verfahrens besteht weiterhin  
darin, dass die das Referenzobjekt dreidimensional darstellenden Bilddaten in  
einer Auswerteeinrichtung von vornherein gespeichert sind, in dem auch die Ge-  
genüberstellung der erfassten Bilddaten des Messobjekts hinsichtlich der maxi-  
malen Übereinstimmung und die Beurteilung der Abweichung vorgenommen  
werden.

5 Zu einer schnellen und zuverlässigen Durchführung des Verfahrens trägt die  
Maßnahme bei, dass die Bilddaten des Messobjekts und/oder des Referenzobjekts mittels einer Kamera erfasst werden.

10 Eine für eine einfache automatische oder visuelle Beurteilung des Verfahrens  
günstige Ausgestaltung besteht darin, dass die mittelbare Beurteilung der Ab-  
weichungen des Messobjekts von dem Referenzobjekt nach interferometrischer  
Überlagerung zwischen beiden durch Vergleich des erhaltenen Interferenz-  
musters mit einem Bezugs-Interferenzmuster erfolgt. Das Interferenzmuster lässt  
sich hinsichtlich charakteristischer Unterschiede bei einer Abweichung des  
15 Messobjekts von dem Referenzobjekt besonders einfach beurteilen.

20 Eine für eine einfache Durchführung des Verfahrens vorteilhafte Ausgestaltung  
besteht dabei darin, dass in einem Referenzarm eines Interferometers das Re-  
ferenzobjekt oder dessen holografische Aufnahme und in einem Objektarm des  
Interferometers das Messobjekt oder dessen holografische Aufnahme angeord-  
net ist und dass eine von dem Referenzobjekt oder dessen holografischer Auf-  
nahme kommende Referenzlichtwelle und eine von dem Messobjekt oder dessen  
25 holografischer Aufnahme kommende Objektlichtwelle an einem Strahlteiler über-  
lagert werden und das dadurch erhaltene Interferenzmuster mittels der Kamera  
erfasst wird.

30 Eine weitere vorteilhafte, interferometrische Methode besteht darin, dass das  
Messobjekt und ein Lichtablenkelement, insbesondere ein Spiegel, beleuchtet  
werden und von dem Messobjekt und dem Spiegel reflektierte Lichtwellen auf  
ein Hologramm des Referenzobjektes gerichtet werden, während dieses gedreht

5 wird, und dass das an dem Hologramm überlagerte Licht mittels der Kamera erfasst wird.

10 Für die zuverlässige Durchführung des Verfahrens ist vorgesehen, dass die holografische Aufnahmen des Referenzobjekts und/oder des Messobjekts mittels einer den Strahlengang des Interferometers erzeugenden entsprechenden Einrich-  
tung gewonnen werden.

15 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens bestehen darin, dass die Beurteilung aufgrund einer mit einer Auswerteeinrichtung erzeugten Darstellung aufbereiteter Bilddaten an einem Sichtgerät visuell oder in der Auswerteein-  
richtung automatisch anhand vorgegebener oder vorgebbarer Kriterien erfolgt.

### Zeichnung

20 Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezug-  
nahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

25 Fig. 1 eine interferometrische Anordnung zur Durchführung des Verfah-  
rens in schematischer Darstellung und

Fig. 2 eine weitere interferometrische Anordnung zur Durchführung des  
Verfahrens in schematischer Darstellung.

5

## Ausführungsbeispiel

Fig. 1 zeigt eine für die Durchführung des Verfahrens vorteilhaft geeignete Messanordnung 1 in Form eines Interferometers. Ein von einer Lichtquelle 2 ausgehender Beleuchtungsstrahl 3 wird an einem Strahlteiler 4 in einen Objektstrahl 6 zum Beleuchten eines Messobjekts 5 und einen Referenzstrahl 8 zum Beleuchten eines Referenzobjekts 7 aufgeteilt. Die von dem Messobjekt 5 und dem Referenzobjekt 7 zurückkommenden, in ihren Wellenfronten entsprechend verformten Lichtwellen in Form einer Messwelle und einer Referenzwelle werden an dem Strahlteiler 4 überlagert, so dass ein charakteristisches Interferenzmuster entsteht, das über einen Aufnahmestrahlgang 10 von einem Bildaufnehmer bzw. einer Kamera 9, z. B. CCD-Kamera, aufgenommen und in einer darin vorgesehenen oder daran angeschlossenen Auswerteeinrichtung 11 weiter verarbeitet wird.

20

Liegen Abweichungen zwischen dem Referenzobjekt 7 und dem Messobjekt 5 vor, so sind diese in dem Interferenzmuster klar erkennbar, wobei sich die dreidimensionale Struktur abzeichnet und eine Beurteilung vorgenommen werden kann, ob das Messobjekt 5 einem Gutkriterium entspricht oder als schlecht ausgesondert werden soll. Die Beurteilung kann in der Auswerteeinrichtung 11 automatisch anhand eines dort gespeicherten Bezugs-Interferenzmusters erfolgen oder auch visuell mit einem daran angeschlossenen Sichtgerät.

25

Während der Aufnahme des Interferenzmusters wird das Referenzobjekt 7 und/ oder relativ dazu das Messobjekt 5 um eine Achse, z.B. die optische Achse gedreht, wie durch Pfeile in Fig. 1 dargestellt, um das Messobjekt 5 mit dem

30

5 Referenzobjekt 7 in einer entsprechenden Orientierung zu beurteilen. Während  
der Drehung werden mittels der Kamera 9 Bilder in verschiedenen Drehstellun-  
gen aufgenommen und die zugehörigen Interferenzmuster in der Auswerteein-  
richtung 11 hinsichtlich einer maximalen Übereinstimmung des Messobjekts 5  
mit dem Referenzobjekt 7 bewertet. Bei maximaler Übereinstimmung sind die  
10 Orientierung des Messobjekts 5 und des Referenzobjekts 7 gleich. Bei dieser  
Drehstellung wird die Beurteilung des Messobjekts 5 hinsichtlich Abweichungen  
gegenüber dem Referenzobjekt 7 in der Auswerteeinrichtung 11 automatisch  
oder mittels der Auswerteeinrichtung 11 an einem daran angeschlossenen  
Sichtgerät von einer Bedienperson vorgenommen.

15 Anstelle des Referenzobjekts 7 kann auch dessen Hologramm in dem Referenz-  
raum angeordnet und relativ zu dem Messobjekt 5 gedreht werden. Auch ist es  
denkbar, z.B. während eines Fertigungsprozesses eine holografische Aufnahme  
des Messobjekts 5 anzufertigen und dieses anstelle des Messobjekts 5 selbst in  
20 der Messanordnung zu verwenden.

25 Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig 2 ist in dem Strahlengang eines Inter-  
ferometers eine holographische Aufnahme (Referenzhologramm) 7.1 des Refe-  
renzobjektes 7 angeordnet. Von der Lichtquelle 2 ausgehendes Beleuchtungs-  
licht 3 wird auf einen Spiegel 7.2 und das Messobjekt 5 geführt. Die von dem  
Spiegel 7.2 und dem Messobjekt 5 reflektierten Lichtwellen 8', 6' werden auf  
das Referenzhologramm 7.1 gelenkt, während dieses um eine geeignete Achse  
gedreht wird, wie durch den Pfeil dargestellt. Auch das Messobjekt 5 könnte  
gedreht werden. Die an dem Referenzhologramm 7.1 während der Drehung ent-  
30 stehenden Interferenzmuster werden über einen Aufnahmestrahlengang 10 mit

5 einem weiteren Spiegel 12 von der Kamera 9 erfasst und wie vorstehend beschrieben weiter verarbeitet, um zunächst die gleiche Drehstellung des durch das Referenzhologramm 7.1 dargestellten Referenzobjektes 7 und des Messobjektes 5 zu finden und für diese übereinstimmende Ausrichtung die Beurteilung hinsichtlich einer Formabweichung des Messobjektes 5 gegenüber dem Referenzobjekt vorzunehmen.

10 Die Messanordnung kann auch auf einem anderen dreidimensionalen Messverfahren basieren, bei dem das Referenzobjekt und das Messobjekt dreidimensional dargestellt und vermessen werden. Beispielsweise ist denkbar, ein Triangulationsverfahren zur dreidimensionalen Darstellung des Referenzobjekts und des Messobjekts anzuwenden. Auch hierbei werden zum Abgleich der Orientierung von Referenzobjekt und Messobjekt für die Beurteilung das Referenzobjekt und Messobjekt für die Beurteilung das Referenzobjekt und das Messobjekt relativ zueinander gedreht und die der maximalen Übereinstimmung der Bilddaten des Messobjekts und des Referenzobjekts entsprechende Drehstellung 15 ermittelt.

20 Die Erfassung der Bilddaten des Messobjekts bzw. des Referenzobjekts während der Drehung ist hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit auf die Drehgeschwindigkeit abgestimmt. Die Drehung kann gleichförmig, beschleunigt oder intervallartig 25 durchgeführt werden.

25 Für die Aufnahme des Referenzhologramms 7.1 bzw. des Hologramms des Messobjekts ist es erforderlich, dass dieses so geschaffen ist, dass es sich mit dem Hologramm in dem Strahlengang des Interferometers, in dem es angewandt werden soll, deckt. Hierzu wird das Hologramm günstigerweise mit einem dem

5 Strahlengang des Interferometers entsprechenden Strahlengang bzw. mit diesem selbst erzeugt. Das Hologramm liegt typischerweise in Form eines einfach zu handhabenden Dias vor, das mit einer einfachen Halterung in dem Strahlengang angeordnet werden kann.

10 Mit den beschriebenen Maßnahmen wird die für die Beurteilung wichtige entsprechende Orientierung von Referenzobjekt 7 und Messobjekt 5 während der Messung automatisch festgestellt, wobei dieselbe Auswertevorrichtung zum Feststellen der richtigen Ausrichtung und die Beurteilung praktisch im selben Arbeitsgang genutzt wird. Dadurch ist eine schnelle Vermessung und Beurteilung 15 der Messobjekte 5 z.B. während eines Fertigungsprozesses erreicht. Die Handhabung ist einfach. Abweichungen können visuell oder mittels einfacher Software erkannt und beurteilt werden, insbesondere wenn nur eine Gut-Schlecht-Aussage erforderlich ist. Das Kriterium hierfür kann in der Auswerteeinrichtung vorgegeben werden. Der Einsatz des Verfahrens eignet sich insbesondere auch 20 bei ungünstigen Umgebungsbedingungen.

24. Jan. 2001 - fle /wey

ROBERT BOSCH GmbH, 70442 Stuttgart

### Ansprüche

1. Verfahren zum dreidimensionalen optischen Vermessen von Messobjekten (5) durch Vergleich mit einem Referenzobjekt, bei dem Bilddaten des Messobjekts (5) erfasst und Bilddaten des Referenzobjekts (7) gegenübergestellt werden und das Messobjekt (5) hinsichtlich Abweichungen vom Referenzobjekt (7) unmittelbar oder mittelbar beurteilt wird, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Messobjekt (5) und/oder das Referenzobjekt (7) oder eine holografische Aufnahme (7.1) des Messobjekts (5) und/oder des Referenzobjekts relativ zueinander um mindestens eine Achse gedreht wird/ werden, wobei die Bilddaten des Messobjekts (5) erfasst werden und die Gegenüberstellung in verschiedenen relativen Drehstellungen erfolgt,  
dass bei den verschiedenen Gegenüberstellungen eine Auswertung hinsichtlich einer maximalen Übereinstimmung des Messobjekts (5) mit dem Referenzobjekt (7) vorgenommen wird und  
dass die Beurteilung der Abweichung bei der durch die maximale Übereinstimmung bestimmten Drehstellung erfolgt.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die holografische Aufnahme des Messobjekts (5) während eines Fertigungsprozesses erfolgt, in den es einbezogen ist.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Vermessung mit der Beurteilung der Abweichung des Messobjekts (5) von dem Referenzobjekt (7) während eines Fertigungsprozesses erfolgt.
- 15 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die das Referenzobjekt dreidimensional darstellenden Bilddaten in einer Auswerteeinrichtung (11) von vornherein gespeichert sind, in dem auch die Gegenüberstellung der erfassten Bilddaten des Messobjekts (5) hinsichtlich der maximalen Übereinstimmung und die Beurteilung der Abweichung vorgenommen werden.
- 20 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Bilddaten des Messobjekts (5) und/oder des Referenzobjekts (7) mittels einer Kamera (9) erfasst werden.
- 25 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

5 dass die mittelbare Beurteilung der Abweichungen des Messobjekts (5) von dem Referenzobjekt (7) nach interferometrischer Überlagerung zwischen beiden durch Vergleich des erhaltenen Interferenzmusters mit einem Bezugs-Interferenzmuster erfolgt.

10 7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in einem Referenzarm eines Interferometers das Referenzobjekt oder dessen holografische Aufnahme (7.1) und in einem Objektarm des Interferometers das Messobjekt (5) oder dessen holografische Aufnahme angeordnet ist und  
dass eine von dem Referenzobjekt oder dessen holografischer Aufnahme (7.1) kommende Referenzlichtwelle und eine von dem Messobjekt (5) oder dessen holografischer Aufnahme kommende Objektlichtwelle an einem Strahlteiler überlagert werden und das dadurch erhaltene Interferenzmuster mittels der Kamera (9) erfasst wird.

20 8. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Messobjekt (5) und ein Lichtablenkelement (7.2) beleuchtet werden und von dem Messobjekt (5) und dem Lichtablenkelement (7.2) kommende Lichtwellen auf ein Hologramm (7.1) des Referenzobjektes gerichtet werden, während dieses gedreht wird, und  
dass das an dem Hologramm (7.1) überlagerte Licht mittels der Kamera (9) erfasst wird.

5        9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,  
              dadurch gekennzeichnet,  
              dass die holografische Aufnahmen des Referenzobjekts und/oder des  
              Messobjekts (5) mittels einer den Strahlengang des Interferometers er-  
              zeugenden entsprechenden Einrichtung gewonnen werden.

10        10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
              dadurch gekennzeichnet,  
              dass die Beurteilung aufgrund einer mit einer Auswerteeinrichtung (11)  
              erzeugten Darstellung aufbereiteter Bilddaten an einem Sichtgerät visuell  
              oder in der Auswerteeinrichtung automatisch anhand vorgegebener oder  
              vorgebbarer Kriterien erfolgt.

15

24. Jan. 2001 - fle/vey

5

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Verfahren zum dreidimensionalen optischen Verfahren von Messobjekten

10

15

**Zusammenfassung**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum dreidimensionalen optischen  
20 Vermessen von Messobjekten (5) durch Vergleich mit einem Referenzobjekt, bei  
dem Bilddaten des Messobjekts (5) erfasst und Bilddaten des Referenzobjekts (7)  
gegenübergestellt und das Messobjekt (5) hinsichtlich Abweichungen vom Refe-  
renzobjekt unmittelbar oder mittelbar beurteilt wird. Eine schnelle und dabei  
zuverlässige Beurteilung des Messobjekts wird dadurch erreicht, dass das Mess-  
objekt (5) und/oder das Referenzobjekt (7) oder eine holografische Aufnahme  
25 (7.1) des Messobjekts (5) und/oder des Referenzobjekts relativ zueinander um  
mindestens eine Achse gedreht wird, wobei die Bilddaten des Messobjekts (5)  
erfasst werden und die Gegenüberstellung in verschiedenen relativen Drehstel-  
lungen erfolgt, dass bei den verschiedenen Gegenüberstellungen eine Auswer-  
30 tung hinsichtlich einer maximalen Übereinstimmung des Messobjekts (5) mit  
dem Referenzobjekt vorgenommen wird und dass die Beurteilung der Abwei-  
chung bei der durch die maximale Übereinstimmung bestimmten Drehstellung  
erfolgt (Fig. 1).

1/1

